

## СПОСОБ И ПРИБОР ДЛЯ ОПТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОТНОСИТЕЛЬНОГО УДЛИНЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В.В. Садовский*

Относительное удлинение материала представляет существенный интерес как с теоретической, так и с практической точки зрения. Наличие информации об удлинении используется для сравнения предельных деформационных способностей различных материалов, при общей оценке свойств материалов без уточнения конкретных условий их применения и в случаях, когда требуется подбирать материалы с определенными удлинениями. Применяемые в настоящее время методы оценки относительного удлинения материалов базируются преимущественно на приборах механического принципа действия, что трудоемко и в ряде случаев не позволяет с высокой точностью оценивать деформации материалов. Кроме того, эти методы невозможно использовать при контроле удлинений движущихся материалов в процессе их выработки.

Вместе с тем имеются оптические методы контроля различных свойств текстильных материалов. Они успешно применяются для контроля толщины, поверхностной плотности полуфабрикатов прядильного производства, поверхностной плотности ворсовых материалов, коэффициента распрямленности волокон, ворсистости нити и пряжи, их неровноты по толщине, зрелости волокон, концентрации ворса при электрофлорировании и других параметров материалов. Эти методы основаны на изменении оптических характеристик при взаимодействии света с исследуемым материалом.

В [1] рассмотрено влияние макроструктуры трикотажа на интегральную величину потока, отраженного от полотна. Установлено, что каждой определенной форме петли, при прочих равных условиях, соответствует свой коэффициент анизотропии светорассеяния. В [2] найдена взаимосвязь геометрии элементарного звена трикотажа с коэффициентом оптической анизотропии. Получено математическое выражение, которое показывает, что изменение формы петли в процессе растяжения приводит к изменению величины этого коэффициента.

В работе [3] предлагается способ измерения относительных удлинений материалов по изменению коэффициента анизотропии светорассеяния света, отраженного исследуемым материалом. Данный способ заключается в том, что исследуемый материал освещают параллельным световым потоком перпендикулярно его поверхности и регистрируют световые потоки  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , рассеянные материалом в обратном направлении в двух одинаковых телесных углах, ориентированных во взаимно перпендикулярных плоскостях под равными углами к падающему потоку, при этом один из световых потоков  $\Phi_1$  регистрируют в плоскости, совпадающей с направлением приложения механического напряжения. О величине относительного удлинения судят по величине коэффициента анизотропии светорассеяния  $\alpha = \Phi_1 / \Phi_2$ .

На рис. 1 приведена схема, поясняющая предлагаемый способ. Свет параллельным пучком 1 освещает исследуемый материал 2 перпендикулярно его поверхности. Световой поток  $\Phi_1$ , рассеиваемый материалом 2 в телесном угле  $\Omega$ , расположенном в плоскости, совпадающей с направлением приложения механического напряжения к исследуемому материалу, регистрируется фотоприемником 3.

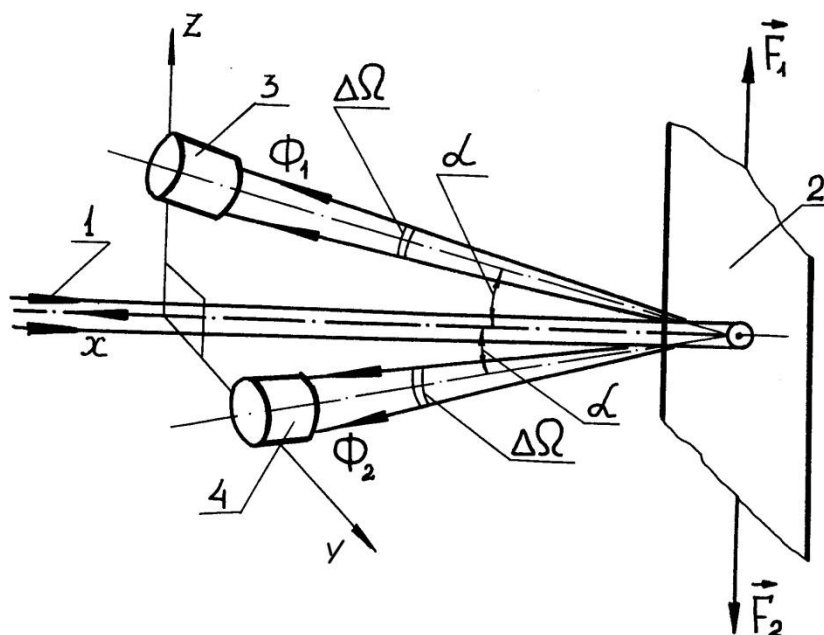


Рисунок 1 – Схема направлений падающего и отраженного световых потоков

Оптическая ось фотоприемника 3 является осью симметрии телесного угла  $\Omega$  и расположена в плоскости  $XU$  под углом  $\alpha$  к оси  $X$ . Фотоприемник 4 регистрирует световой поток  $\Phi_2$ , рассеянный в телесном угле  $\Omega$ , оптическая ось которого расположена в плоскости  $XU$  под тем же углом  $\alpha$  к оси  $X$ . Пара сил, растягивающих исследуемый материал, направлена вдоль оси  $Z$ .

Для реализации предложенного метода разработан прибор, обеспечивающий высокую чувствительность коэффициента анизотропии светорассеяния ( $\omega$ ) к изменению деформации, что является важным для измерений, проводимых на слаборассеивающих материалах, а также автоматическую перенастройку прибора при переходе на другой материал, отличающийся по отражательной способности.

Прибор состоит из двух блоков: первый блок – измерительная головка, в которой находится ИК светодиод, излучающий параллелизованный пучок света и два фотодиода, второй блок питания, в котором производится автоматическое деление сигналов, вырабатываемых фотодиодами. Измерительная головка представляет собой светопоглощающий проводящий прямой круговой цилиндр, симметричный относительно светового пучка. Фотоприемники помещены на внутренней стороне верхнего основания цилиндра симметрично его оси, во взаимно перпендикулярных осях так, как это описано выше.

На рис. 2 показана схема прибора, иллюстрирующая принцип измерения и поясняющая предложенный способ. Поток света от источника 1 проходит через круглое отверстие в центре нижнего основания и по нормали падает на поверхность исследуемого материала 2 с размером площади  $10 \text{ мм}^2$ . Рассеянный в направлении, обратном направлению падения, поток света улавливается двумя одинаковыми фотоприемниками 3 и 4, установленными на внутренней поверхности дальнего от исследуемого материала основания светозащитного цилиндра 5. Приемник 3 принимает свет, рассеянный материалом в плоскости  $ZX$  (см. рис. 1), а приемник 4 – в перпендикулярной плоскости  $ZY$ . Сигналы с фотоприемников в виде напряжений  $U_x$  и  $U_y$  поступают в блок питания, принципиальная схема которого показана на рис. 3, на узкополосные фильтры 1, выделяющие высокочастотный полезный сигнал.

Применение в качестве узкополосных фильтров Т-моста обеспечивает подавление посторонних засветок. Далее отфильтрованные сигналы приходят на преобразователи 2 переменного напряжения в постоянное, затем на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) 3.

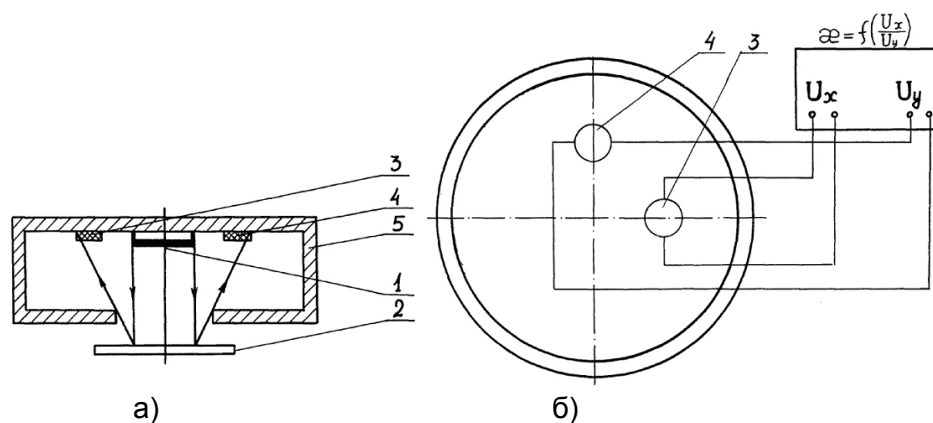


Рисунок 2 – Схема прибора

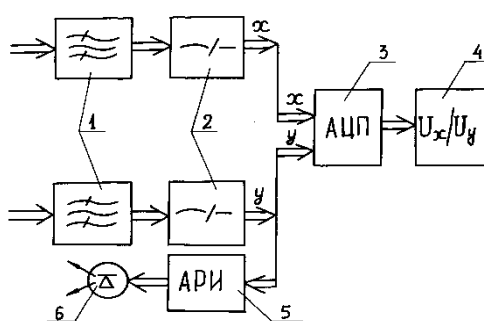


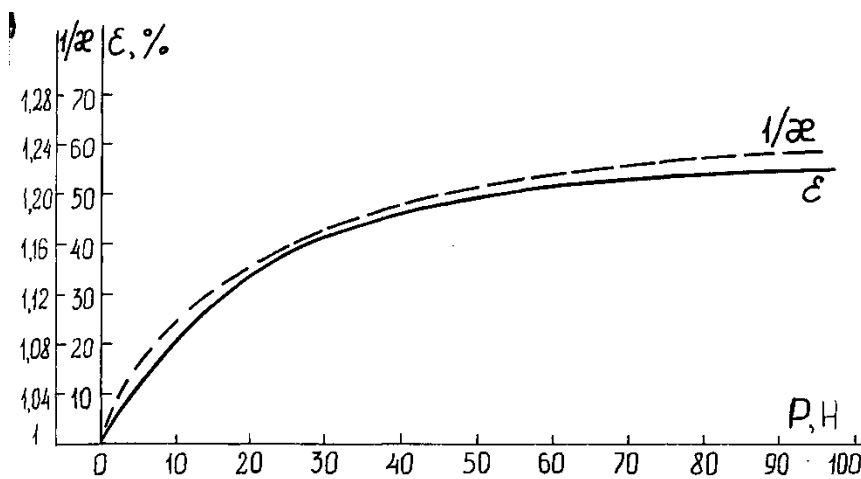
Рисунок 3 - Принципиальная схема блока питания и обработки сигналов

При этом сигнал канала  $U$  является опорным, а сигнал канала  $X$  – измеряемым. Таким образом, на табло 4 индуцируется численное значение оптического коэффициента анизотропии  $\alpha$ , равное отношению  $U_x/U_y$ . Ввиду того, что различные материалы имеют не одинаковое светорассеяние, в приборе предусмотрена система автоматического регулирования источника (АРИ) 5. АРИ устанавливает амплитуду источника такой, что в канале  $U$  сигнал поддерживается на одном уровне, независимо от материала. Нормальная работа АРИ сигнализируется индикатором 6.

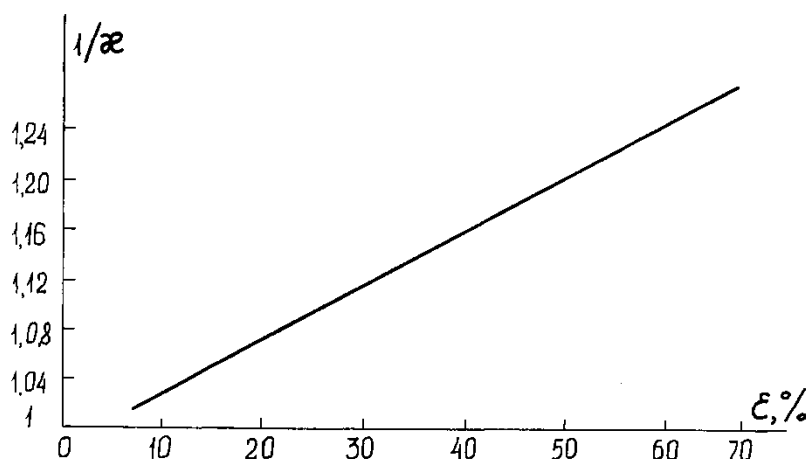
Для оценки сходимости кривых изменения удлинений и коэффициентов оптической анизотропии материалов от усилия растяжения исследовались трикотажные полотна различных переплетений, плотностей вязания, цвета, выработанные из различных нитей. Выбору трикотажных полотен послужило то, что они являются более растяжимыми из всех текстильных материалов, а их разнообразие было взято для объективности проверки работоспособности метода на широкой группе материалов отличающихся своими характеристиками. Деформирование образцов производили на специальной установке, обеспечивающей одно- и двухосное растяжение, при нагрузках 10, 20, 30, 40, ..., 90 Н. Двухкоординатный столик с закрепленной к нему измерительной головкой прибора устанавливали над образцом так, чтобы фотоприемник был ориентирован в плоскости, совпадающей с направлением приложения нагрузки к исследуемому образцу. Источник света датчика (ИК светодиод) облучал исследуемый материал в направлении нормали к плоскости его растяжения. На индикаторе прибора устанавливали значение коэффициента анизотропии  $\alpha = 1$ , что соответствовало начальному значению для отсчета показаний. Изменение коэффициента анизотропии  $\alpha$  при различных видах деформации материалов регистрировалось электронным блоком прибора и записывалось осциллографом или в память компьютера. Параллельно производились замеры удлинения исследуемых образцов инструментальной линейкой.

Так как при деформации материала значения коэффициента анизотропии  $\alpha$  убывают, что затрудняет сравнение кривых изменения  $\alpha$  с кривыми относительного удлинения  $\varepsilon$ , то для удобства графического представления зависимостей в дальнейшем использовалась обратная величина коэффициента анизотропии –  $1 / \alpha$ .

По результатам исследования построены графики зависимостей  $1 / \alpha (P)$ ,  $\varepsilon(P)$  и  $1 / \alpha (\varepsilon)$  (рис. 4, а, б) и аппроксимированы методом наименьших квадратов в виде:  $\varepsilon = a_1 \cdot p^{B_1}$ ,  $1 / \varepsilon = a_2 p^{B_2}$ ,  $1 / \alpha = a_3 + B_3 \varepsilon$ . Для всех исследуемых материалов и видов растяжения характер графических зависимостей и аналитических выражений одинаков.



а)



б)

Рисунок 4 – Зависимости  $1 / \alpha(P)$ ,  $\varepsilon(P)$  при одноосном растяжении по длине трикотажного полотна кулирная гладь

Величины коэффициентов корреляции для графиков всех исследованных полотен представлены находятся в пределах  $R = 0,97 - 0,99$ . Учитывая линейную связь между  $1/\alpha$  и  $\varepsilon$ , а также то, что исследованию подвергался широкий ассортимент трикотажных полотен, различных переплетений, плотностей вязания, вида, толщины и цвета нитей, с достаточной вероятностью можно считать, что зависимость  $1 / \alpha(P)$  адекватна зависимости  $\varepsilon(P)$  для каждого конкретного материала.

#### ВЫВОДЫ

1. Предложен способ и прибор для бесконтактного измерения относительных удлинений материалов по изменению коэффициента анизотропии светорассеяния света, отраженного исследуемым материалом.

2. Проведена проверка работоспособности способа на широкой группе трикотажных материалов, отличающихся своими характеристиками, которая показала высокую сходимость кривых растяжения, полученных предложенным способом и прямым измерением на материале.

#### Список использованных источников

1. Гюрджиев, И. С. Разработка и исследование абсорбционного метода контроля сортности сурового верхнего трикотажного полотна на кругловязальных машинах [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / И. С. Гюрджиев ; Моск. технол. ин-т. – Москва, 1975.
2. Взаимосвязь между коэффициентом анизотропии светорассеяния и формой петли трикотажа / В. В. Садовский [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1996. – № 4. – С. 7-11.
3. Пат. 2082083 Российская Федерация, МПК С 1 G 01 В 11/16. Способ контроля величины относительного удлинения плоских волоконсодержащих материалов при механических деформациях / В. В. Садовский, Б. А. Виноградов, П. Г. Шляхтенко, А. В. Сергеев ; заявитель и патентообладатель Амурский государственный университет. — № 93041451/28 ; заявл. 19.08.1993 ; опубл. 20.06.1997

*Статья поступила в редакцию 06.02.2012*